

Sauli Annanperä

FSM-TESTILAITTEISTOJEN VERTAILU JA KEHITTÄMINEN

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Tuotantotekniikan koulutusala
Kevät 2002

Osasto Tekniikka	Koulutusohjelma Elektroniikan tuotantotekniikka
Tekijä(t) Sauli Annanperä	
Työn nimi FSM-testilaitteistojen vertailu ja kehittäminen	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Tuotantotekniikka	Ohjaaja(t) Asko Kinnunen Sami Hakkarainen
Aika 28.03.02	Sivumäärä 46+8
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli selvittää Sensodec 6S-järjestelmän käyttämien FSM-korttien testauksen luotettavuus ja mahdollisuuksien mukaan testauksen nopeuttaminen. Työ jakaantui käytössä olevien testien ja laitteiden selvitykseen ja testauksen optimointiin työajan säästämiseksi. Työn alkuosassa käsitellään aiheeseen liittyvää teoriaa ja tämän jälkeen esitellään laitteistojen selvitystyötä ja rakennetta. Lopuksi esitellään saadut tulokset sekä visioita testauksen kehittämiseksi.</p> <p>FSM-korttien tuotantotestauksen selvitys toteutettiin suorittamalla tehdaskäyntejä, sekä keskustelemalla useiden testauksen suunnitteluun osallistuneiden asiantuntijoiden kanssa. Testauksen optimoinnin selvitys tapahtui Metson tuotekehityksen asiantuntijoiden kanssa.</p> <p>Työssä on selvitetty Metson ja sopimusvalmistajan testausmenetelmien, laitteistojen ja ohjelmistojen eroavaisuuksia. Työn perusteella sopimusvalmistajan tiloihin on hankittu uusi testaus PC. Tuotekehitysryhmän kiireiden vuoksi optimointia on vasta selvitetty teoriatasolla. Testien nopeuttaminen on alustavien tutkimusten mukaan mahdollista pienehköllä työmäärällä.</p>	
Luottamuksellinen Kyllä	
Hakusanat toiminnallinen testaus, testausmenetelmät	
Säilytyspaikka Kajaanin AMK	

Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Production Engineering
Author(s) Sauli Annanperä	
Title Investigating and Improving a FSM Testing System.	
Optional professional studies Production Engineering	Instructor(s) / Supervisor(s) Asko Kinnunen Sami Hakkarainen
Date 28.03.02	Total number of pages 46+8
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to investigate the reliability of testing FSM-cards used in the Sensodec 6S-system. The project consists of two parts. Firstly the testing and equipment currently in use were investigated and then the testing was optimized to save time.</p> <p>The project was carried out by making visits to the manufacturer and by consulting the experts involved in the testing. Investigation to optimize the testing was done with R&D experts.</p> <p>Differences in the equipment and applications between Metso and the contract manufacturer were also investigated. A new PC for the testing was purchased and located in the contract manufacturer's premises during the project. As a result, the optimizing of testing can be done with a relatively small amount of work. However, it has not yet been integrated into the manufacturer's system, due to the workload of R&D.</p>	
Confidential Yes	
Keywords Functional testing, testing methods	
Deposited at Kajaani Polytechnic	

1	JOHDANTO	7
2	TUOTANTOPROSESSI	9
3	VALMISTUSTEKNOLOGIA	10
4	ELEKTRONIIKKATUOTTEEN TESTAUS	11
4.1	Testaustasot	11
4.2	Tuotekehityksen aikaiset testit	11
4.2.1	Ympäristötestaus	11
4.2.2	Rasituskarsintatestaus	14
4.3	Valmistusvaiheen testaus- ja tarkastustekniikat	15
4.3.1	Visuaalinen tarkastus	15
4.3.2	Funktionaalinen testaus	18
4.3.3	Testaustekniikoiden yhteenveto	22
5	6S-JÄRJESTELMÄ	23
5.1	Kunnonvalvonnan analyysit	24
5.2	Ajettavuusvalvonnan analyysit	26
6	MUUTOKSET 6S-JÄRJESTELMÄSSÄ VUONNA 2000	28
6.1	Proessorikortti	28
6.2	Linjavastuksen muutos korttikehikossa SR-21	29
6.3	FSM-190A-analogiakorttien komponenttien vaihto	29
6.4	Piirin vaihto FSM-190B-binäärikortteihin	29
7	SOPIMUSVALMISTAJAN TESTAUSJÄRJESTELMÄN SELVITYS	30
7.1	Johdanto tuotantotesteriin	31
7.2	YKSIKÖIDEN TOIMINNALLINEN TESTAUS	33
7.2.1	Analogiakortti FSM-190A	33
7.2.2	Testien kattavuus	39

8	OHJELMISTOEROT JÄRJESTELMIEN KESKEN	40
8.1	Sopimusvalmistaja	40
8.2	6S toimitusversion ohjelmistot (V 2.6.5)	40
9	TULOKSET JA JATKOKEHITYS	42
9.1	Vikatilastot	42
9.1.1	Huoltoraportit 2000	42
9.1.2	Huoltoraportit 2001	43
9.2	Käytännön tulokset ja jatkokehitys	44
10	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	
	LIITTEET	

TERMIT

6S	Sensodec-tuotenimi
AOI	Automatic Optical Inspection, automaattinen optinen tarkistus
DC	Direct Current, tasavirta
EMC	Electrostatic Magnetic Compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
ESD	Electrostatic Discharge, sähköstaattinen purkaus
FSM	Field System Measurement, hajautettu mittausjärjestelmä
GBIP	General purpose Interface Bus, mittaus- ja automaatioväylä
HF	High Frequency, korkeat taajuudet
IC	In-Circuit, neulapetitestausta
ICT	In-Circuit Testaus
MF	Middle Frequency, keskialueen taajuudet
NPL	National Physical Laboratory, Kansallinen fysiikan laboratorio
PC	Personal Computer, mikrotietokone
PCI	Peripheral Connection Interface, tietokoneen väylärakenne
PXI	PCI extensions for instrumentation, PCI-laajennusväylä
RAM	Random Access Memory, työmuisti
RMS	Root Mean Square, (vaihtojännitteen) tehollisarvo
ROM	Read Only Memory, lukumuisti
STA	Synchronized Time Average, tahdistettu aikakeskiarvostus
TCP/IP	Internetprotokolla

1 JOHDANTO

Taustaa

Testauksen merkitys tuotannossa on kasvanut jatkuvasti. Suuria sarjoja valmistettaessa täytyy suunnittelun ja kokoonpanolinjan saada palautetta tuotteiden mahdollisista virheistä mahdollisimman nopeasti, jotta säästytäisiin suurilta hukkaeriltä ja tämä onnistuu vain kattavan ja hyvin suunnitellun testauksen avulla.

Kaikkien eri tasoilla tehtävien testien joukon on pyrittävä kattamaan kaikki tuotteen spesifikaatioissa määritellyt toimintaparametrit. Testauslaitteiston on oltava niin laaja että sillä pystytään tunnistamaan kaikki ennakoidut komponenteista ja valmistusprosessista johtuvat viat. Testauksella saadaan tuotteelle lisäarvoa; tuote varmasti toimii. Samalla voidaan varmistaa asiakkaiden vaatimuksien täyttyminen.

Metso Automation käyttää FSM-kortteja Sensodec-automaatiojärjestelmässään. Näiden korttien tuotetunnukset ovat FSM-191P (prosessorikortti), FSM-190A (analogiakortti), ja FSM-190B (binäärikortti). Kortit valmistetaan alihankintasopimuksella Suomessa toimivassa alihankintayrityksessä.

Sensodec-järjestelmän lopputestauksessa on ollut ongelmia varsinkin FSM-190A ja FSM-191P korttien kanssa. Sopimusvalmistajan toimittamista ja testaamista korteista kaikki eivät ole toimineetkaan varsinaisessa järjestelmässä. Vialliset tuotteet lähetetään valmistajalle huoltoon. Suuri osa järjestelmässä toimimattomista korteista palautuu kuitenkin takaisin hyllyyn sopimusvalmistajan testit läpäistyään. Nämä ongelmakortit jatkavat kiertoaan edestakaisin ja syy on epäselvä.

Korttien lopputestaukseen sopimusvalmistajan tehtaalla on kehitetty oikeaa järjestelmää jäljittelevä testilaitteisto, jonka tarkoitus olisi varmistaa korttien toimivuus myös lopullisessa toimituspaikassa asiakkaan tehtaalla. Tällä hetkellä tavoitteita ei vielä ole saavutettu riittävällä varmuudella.

Työn tavoitteet

Tässä insinööriyössä on tarkoitus selvittää testilaitteiston toimivuus ja päivittää mahdollisuuksien mukaan kyseinen laitteisto ja siihen kuuluvat ohjelmistot uusimmilla toimitusversioilla. Lisäksi työn tarkoituksena on optimoida testauksessa käytettävien ohjelmistojen asetukset niin, että sopimusvalmistajan tuotantotestaukseen käytettävä aika lyhenee minimiin.

2 TUOTANTOPROSESSI

Seuraavassa luettelossa on esitetty FSM-korttien tuotanto yleisellä tasolla. Valmistus vaihtelee tuotteittain, joten järjestys on vain yleisellä tasolla pätevä.

- levyn purkaminen kasetista tuotantolinjalle
- pastaus(stensiili)/Dispenseri (mahdollisesti myös liimaus)
- AOI-tarkistus
- reflow-uuni
- optinen tarkistus
- läpivientien ladonta ja tarvittaessa käsinladonta
- aaltojuotto
- optinen tarkistus
- levyn lataus kasettiin

Piirilevyt kuljetetaan nykyään kaseteissa automaation helpottamiseksi. Kasetteihin mahtuu monta kymmentä korttia joten työntekijöiden ei tarvitse koko ajan syöttää uusia kortteja laitteille.

Pastaus suoritetaan mikäli mahdollista aina stensiilillä ajan säästämiseksi. Joissain tapauksissa joudutaan käyttämään dispenseriä pastaukseen tai komponenttien liimaukseen.

Korttien tarkistus optisesti tai muulla tavalla tuotantovaiheiden välillä on kannattavaa, koska virheen havaitseminen mahdollisimman aikaisin säästää kustannuksia. Pahimmassa tapauksessa tuote pääsee asiakkaalle ja virheen korjaamiseen kuluvat kustannukset kertautuvat todella suuriksi.

Pastauksen ja tarkistuksen jälkeen piirilevyt kulkevat ns. reflow-uunin läpi. Reflow-uuni on laite, joka aktivoi pastassa olevat fluksin ja lopuksi myös juottaa komponentit kiinni piirilevyyn.

Suurin osa komponenteista on pintaliitoskomponentteja, mutta osa komponenteista ovat ns. läpivientikomponentteja. Näissä komponenteissa on jalat jotka asennetaan piirilevyn läpi. Näiden jalkojen juotto tapahtuu aaltojuotoksella, jossa sula juoteseos kostuttaa jalat ja liitospinnat.

3 VALMISTUSTEKNOLOGIA

Sopimusvalmistajilla on oltava valmius tuottaa monenlaisia piirilevyjä ja kaikkia mahdollisia niihin tulevia komponentteja. Tuotannon laadun ja massavalmistuksen nopeuttamiseksi laitteiden ja yleensäkin tekniikan on oltava huippuluokkaa. Sopimusvalmistajan käytössä olevat testilaitteet (LIITE A)

Sopimusvalmistajien tuotantomäärät vaihtelevat tuotteittain ja tilauksittain, joten sarjan kappalemäärä voi vaihdella esim. 1-10000 välillä. Pienille sarjoille, kuten prototyypeille tuotantolaitteiden ei tarvitse olla viimeistä teknologiaa nopeuden suhteen. Nopeuden merkitys kasvaa siirryttäessä suurempiin sarjakokoihin.

Tuotantotiloissa vanhemmat koneet siirretään yleensä vähemmän käytetyille linjoille, joilla ajetaan vain pienempiä sarjoja. Koneet palvelevat hyvin asiansa, jos huoltotoimenpiteistä ei tingitä.

Laitteiden hinnat ovat hyvin korkeita niiden sisältämän huipputeknologian vuoksi. Korkeiden hintojen vuoksi yritysten onkin koko ajan tehtävä kustannuslaskelmia, milloin laitteita tulisi uusia ja mahdollisesti myydä kustannusten minimoimiseksi.

4 ELEKTRONIIKKATUOTTEEN TESTAUS

Testausta ja tarkastusta tapahtuu tuotteen kaikissa elinkaaren vaiheissa. Tuotekehityksen aikana tapahtuvissa testauksissa päätarkoituksena on verifioida tuotteen spesifikaatioiden mukaisuus. Spesifikaatiot voivat käsittää tuotteen suorituskykyyn liittyviä vaatimuksia, EMC- ja ESD –vaatimuksia sekä käyttöolosuhteista johtuvia vaatimuksia. Valmistusvaiheen testausten ja tarkastusten tarkoituksena on varmistaa, että tuote on valmistettu valmistusspesifikaatioiden mukaisesti eli siinä ei ole valmistusprosessissa aiheutuneita virheitä.

4.1 Testaustasot

Elektroniikkatuotteen elektroniikan testausta voidaan tarkastella usealla eri tasolla, komponenttitasolla, yksikkötasolla (piirilevy), moduulitasolla ja järjestelmätasolla. Moduulilla tarkoitetaan tässä tapauksessa usean yksikön muodostamaa kokonaisuutta.

4.2 Tuotekehityksen aikaiset testit

4.2.1 Ympäristötestaus

Ympäristötestauksen tarkoituksena on testata tuotteen soveltuvuutta tiettyihin ympäristöolosuhteisiin käytön, kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Ympäristöolosuhteet, joihin elektroniikkatuote voi joutua eri elinkaarenvaiheissa, käsittävät ilmastolliset, mekaaniset, kemialliset, biologiset ja sähkömagneettiset olosuhteet. [1, s. 77]

Ympäristötestien käyttötavat

Tyypitestauksen tarkoituksena on todentaa tuotteen kyky sietää niitä olosuhteita, joihin tuote voi elinkaaren eri vaiheissa joutua. Yleensä tyypitestauksessa testataan muutama tuoteyksilö tuotekehitysvaiheessa.

Luotettavuustestien tarkoituksena on löytää tuotteesta satunnaisvikoja. Testeissä pyritään matkimaan niitä olosuhteita joihin tuote voi joutua elinkaaren aikana. Testit tehdään usealle yksilölle ja niiden testausajat ovat pitkiä.

Pitkäaikaisen rasituksen siedon testien tarkoituksena on löytää tuotteesta ajasta riippuvia systemaattisia vikoja, joiden syy voi olla peräisin suunnittelusta, valmistusprosessista tai käytettävistä materiaaleista. Testit tehdään kiihdytettyinä, eli testien rasitustasoja on tarkoituksellisesti nostettu, jotta viat paljastuisivat nopeammin.

Rasituskarsintatestien tarkoituksena on paljastaa puutteellisesta työtaidosta, viallisista tai marginaalisista osista johtuvat tuotanto-ongelmat. Rasituskarsinnassa käytetään yhtä tai useampaa ympäristörasitusta joko samanaikaisesti tai peräkkäin. Rasitukset voivat olla myös kiihdytettyjä, mutta rasitustasot eivät saa ylittää tuotteen ympäristöspesifikaatiossa määriteltyjä rasitustasoja. Tehokkaimmat rasituskarsintatestit ovat lämpösyklus ja satunnaisvärähtelytestit [2 s. 19].

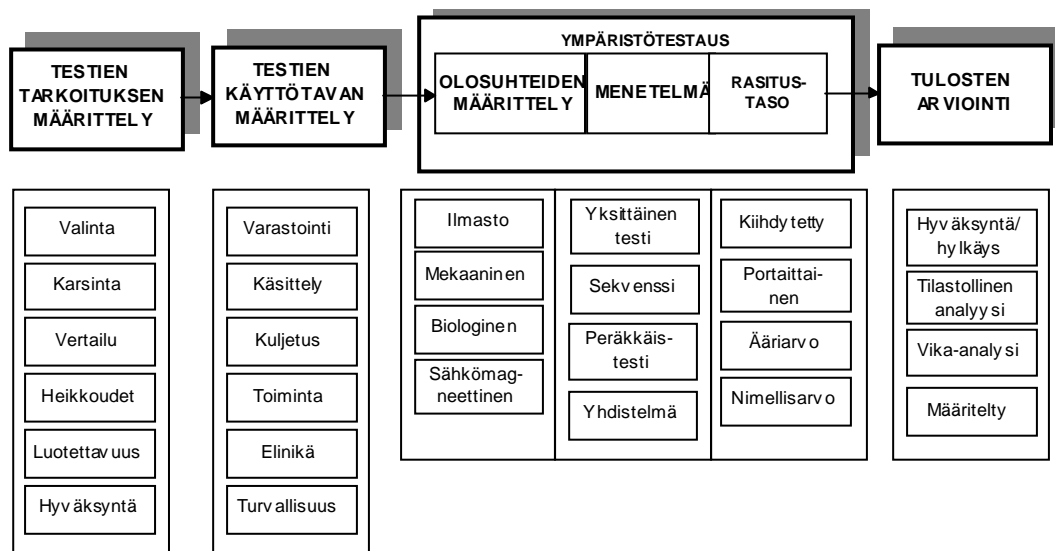
Vanhennustestin tarkoituksena on poistaa tuotteesta varhaisvikoja, jotta tuotteen vikataajuus olisi normaalitasolla jo tuotteen käyttöönottovaiheessa.

Edellä mainituista testeistä rasituskarsintatestit ovat tuotteen valmistusvaiheessa tehtäviä testejä, muut testit tehdään tavallisesti tuotekehitysvaiheessa.

Ympäristötestausprosessi

Ympäristötestauksen suunnittelu alkaa jo tuotteen konseptinkehittämisen ja järjestelmäsuunnitteluvaiheissa, jolloin tuotteen testausstrategian suunnittelu aloitetaan ja tuotteelle määritellään mm. tuote- ja testausvaatimukset. Elektroniikkatuotteen tuotevaatimusmäärittelyssä ja järjestelmäspesifikaatioissa esitetään usein myös ne ympäristöolosuhteet, joihin tuote voi joutua sen elin aikana. Nämä asiat voidaan myös esittää erillisessä ympäristöspesifikaatiossa.

Ympäristötestausprosessi on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Ympäristötestausprosessi.

Ympäristötestauksen suunnittelu alkaa testauksen tarkoituksen ja tavoitteiden määrittelyllä. Testin tarkoituksena voi olla esim. komponenttien valinta, luotettavuuden todentaminen, suunnittelun heikkouksien etsiminen tai suunnittelun hyväksyminen. Vertailutesteissä voidaan verrata esim. erilaisilla teknologioilla toteutettuja ratkaisuja. Suunnitteluvaiheessa on määriteltävä myös tuotantovaiheessa tapahtuva ympäristötestaus, jolloin tuotantosarjoista otetaan tarkoituksen mukainen määrä näytteitä testeihin. Tällöin ei välttämättä tarvitse testata koko tuotetta ja tehdä kaikkia samoja testejä, mitä tehdään tuotekehitysvaiheessa.

Kun testauksen tavoitteet ja tarkoitus on määritelty, valitaan testityyppi. Kyseeseen voi tulla yksi tai useampi testityyppi riippuen siitä, millaista tietoa tuotteesta halutaan testeissä saada. Testityypin valinnan jälkeen määritellään olosuhteet, joissa halutaan testata, testimenetelmät sekä eri testien räsitusasot. Lopuksi määritellään miten tulokset käsitellään, sekä miten tulosten arviointi ja hyväksyminen/hylkääminen tapahtuvat. Koko suunnitteluprosessin tulokset on hyvä dokumentoida joko osana järjestelmäspesifikaatioita tai laatia erillinen ympäristötestausspesifikaatio.

4.2.2 Rasituskarsintatestaus

Rasituskarsintatestausprosessin tarkoituksena on stimuloida tuotteen piileviä, ajoittaisia tai käyttövaiheen alussa ilmeneviä vikamekanismeja vioiksi asti, löytää vikojen perussyyt ja korjata viat. Ideaalitulanteessa rasituskarsinnalla estetään viallisten tuotteiden kentälle pääsy. Rasituskarsintatestaus on hyvin tarpeellinen vaativiin olosuhteisiin meneville tuotteille.

Rasituskarsinnan hyötyjä ovat:

- ❑ tuotteen elinkaaren kustannukset pienentyvät
- ❑ tuotteiden toimitusajat lyhentyvät
- ❑ tuotteen luotettavuus lisääntyy
- ❑ asiakastytytyväisyys lisääntyy
- ❑ kunnossapitokustannukset pienentyvät
- ❑ tuotantoprosessin laatu paranee

Varsinkin Metso Automation Oy:n tapauksessa viallisten tuotteiden pääsy asiakkaalle asti aiheuttaa suuria kustannuksia. Hyvin monessa tapauksessa ongelmien korjaamisessa tarvitaan asiantuntija-apua Kajaanista, jolloin jo matkakulut voivat olla hyvinkin suuria. Lisäksi tulevat vielä asiakkaalle aiheutuneet välilliset kustannukset, joita voi syntyä ongelman aiheuttamista tuotantohäiriöistä.

Rasituskarsintamenetelmiä:

- ❑ vaihteleva lämpötila
- ❑ korkea lämpötila
- ❑ satunnaisvärähtely
- ❑ sinimuotoinen värähtely
- ❑ vakiotaajuinen sinimuotoinen värähtely
- ❑ jyskytys
- ❑ vakio kosteus ja lämpötila
- ❑ vaihteleva kosteus ja lämpötila
- ❑ sähköinen kuormitus
- ❑ vaihteleva sähköinen kuormitus

Käytettävät rasituskarsintamenetelmät täytyy tarkoin harkita kussakin tilanteessa erikseen.

4.3 Valmistusvaiheen testaus- ja tarkastustekniikat

Tuotannon aikana ja lopputestauksessa käytetään useita eri testausmenetelmiä. Yhteistä näille kaikille on se, että niillä pyritään havaitsemaan viat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja varmistamaan tuotteen virheettömyys.

4.3.1 Visuaalinen tarkastus

Hyvin huomattava osa elektroniikkakortin valmistukseen kuluva työstä voi muodostua visuaalisesta tarkastuksesta. Eri piirilevykerrosten, pinnoitteiden, läpivientien, juotosten, johdotusten, komponenttiasettelujen yms. huolellisella visuaalisella tarkastuksella saadaan huomattavasti parannettua saantoa. Optiset järjestelmät yhdistettynä tietokonepohjaiseen systeemiin tarjoavat tehokkaita ja kustannuksiltaan edullisia mahdollisuuksia tarkastuksen suorittamiseen. Pienillä tuotantomäärillä manuaaliset menetelmät tulevat

pysymään hallitsevina mutta automatisoidussa massatuotannossa vaaditaan tehokkaampia tapoja suorittaa tarkastus.

Manuaalinen visuaalinen tarkastus

Manuaalisen visuaalisen tarkastuksen tarkoituksena on löytää helposti havaittavat valmistusviat, kuten puuttuvat ja väärin asetellut komponentit. Tarkastusmenetelmää käytetään vielä hyvin yleisesti elektroniikkavalmistuksessa, mutta automaattinen visuaalinen tarkastus on korvaamassa sitä, koska pakkaustiheyden ja komponenttien koon pienentyessä manuaalisen tarkastuksen luotettavuus heikkenee.

Manuaalisen tarkastuksen etuina voidaan pitää pieniä kustannuksia, jotka syntyvät pääosin henkilöstön palkkakustannuksista. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna kumulatiiviset henkilöstökustannukset voivat kuitenkin muodostua suuriksi. Manuaalinen tarkastus on myös joustavaa, koska sitä suorittavaa henkilökuntaa voidaan käyttää tarvittaessa muissakin tehtävissä.

Manuaalisen tarkastuksen ehkä huomattavin epäkohta on tarkastustulosten riippuvuus sen suorittajista ja tarkastusolosuhteista. Myös tiedonkeruu on hankalaa verrattuna automaattisiin järjestelmiin.

Edut:

- ❑ ei fixture-kustannuksia
- ❑ pienet tarkastuskustannukset lyhyellä aikavälillä
- ❑ joustava

Haitat:

- ❑ korkeat kiinteät kustannukset (työvoima)
- ❑ tekijöistä ja olosuhteista riippuvainen tarkastustulos
- ❑ tiedonkeruu ongelmallista
- ❑ suora näköyhteys kohteeseen
- ❑ ei sähköistä testiä

Automaattinen optinen tarkastus

Automaattisen optisen tarkastuksen tarkoituksena on löytää tehokkaasti ja luotettavasti elektroniikan valmistusprosessista johtuvat viat. Tällaisia vikoja ovat mm. puuttuvat ja väärin asetellut komponentit, oikosulut ja katkokset. Myös tietänyttyypiset huonolaatuiset juotokset on mahdollista havaita menetelmällä. AOI-laitteen tyypilliset tarkkailukohteet prosessissa ovat pastanpaino, ladonta sekä juotosprosessit.

Pastanpaino on prosessina herkkä ja varsin pienet tekijät vaikuttavat merkittävästi sen lopputulokseen. Pastan käyttäytyminen muuttuu sekä painoparametrien, ympäristötekijöiden että ajan mukana ja muutokset ovat nähtävissä painojäljestä.

Pastanpainossa tarkistetaan, onko pasta oikeissa paikoissa, ja onko sen määrä oikea. Jos tarkistuksessa havaitaan virheitä, kyseinen puolivalmiste voidaan heti poistaa linjalta joko korjattavaksi tai hyläksi, riippuen siitä kumpi vaihtoehto on taloudellisesti järkevämpää. Lisäksi virhe on siinä vaiheessa vielä helposti ja edullisesti korjattavissa. Eräiden arvioiden mukaan jopa 70 prosenttia valmistusprosessin vioista johtuu pastanpainoprosessista [3].

Komponenttiladonnassa voidaan ladottu kortti tarkastaa heti peruskomponenttien asettelun jälkeen. Konenäkö havaitsee puuttuvat tai vinossa olevat komponentit ja tarvittaessa myös niiden polariteetin. Tässäkin vaiheessa korjaaminen on vielä helppoa ja halpaa, koska kalliimpia komponentteja ei ole vielä ladottu.

Vielä ennen juotosprosessia voidaan tarkistaa hienojalkaisten komponenttien (fine-pitch) oikea asettelu ja asento. Juotoksen jälkeen laitteisto näkee oikosulut, pystyyn nousseet komponentit ja juotteen puuttumisen. Markkinoilla on myös AOI-laitteita, jotka ovat tarkoitettu mittaamaan myös juotosten laatua.

Automaattisella optisella tarkastuksella voidaan täydentää in-circuit testausta jos IC-testauksella ei päästä liittymään kaikkiin tarvittaviin kohtiin. AOI laitteita

voidaan käyttää myös yhdessä flying probe ja funktionaalisen testauksen kanssa, jolloin voidaan saavuttaa haluttu vikapeitto.

Edut:

- ❑ ei testi-fixturea.
- ❑ nopeahko ohjelman teko
- ❑ hyvä vian paikantaminen
- ❑ hyvä vikapeitto
- ❑ tarkastuksen kustannukset piirilevyä kohden pienet

Haitat:

- ❑ huono juotosten laadun tarkastuskyky
- ❑ ei sähköistä testiä
- ❑ epäluotettavuus (paljon virheellisiä tuloksia)
- ❑ havaitsee vain suoraan näkyvät kohteet (ei näe esim. piirien alle)

Automaattisessa optisessa tarkastuksessa ei tarvita mitään liityntöjä, mikä on menetelmän eräs merkittävä etu. NPL:n tutkimuksen mukaan AOI laitteen ohjelmointi- ja debuggausaika kortille, jossa on 94 SMT komponenttia, vaihtelee 7 h – 24 h ja testausaika 20 s – 160 s laitteesta riippuen, joten suorituskyvyssä ja käyttöön soveltuvuudessa on suuria eroja eri laitteiden välillä [4].

4.3.2 Funktionaalinen testaus

Funktionaalisessa testauksessa verifioidaan testattavan yksikön normaalia toimintaa syöttämällä siihen normaalia toimintaa vastaava heräte, ja mittaamalla herätteen aikaan saama vaste.

Funktionaalisessa testauksessa testataan toiminnallisia lohkoja joko normaalin reunaliittimen tai testiliittimien kautta. Menetelmä paljastaa testattavan lohkon viat tehokkaasti, mutta sen puutteena on huono vian paikallistaminen. Tämän takia menetelmän tehokkaan käytön edellytyksenä on se, että valmistusprosessin aiheuttamat viat ovat havaittu ja korjattu jo aikaisemmissa

vaiheissa, ja että vian paikallistaminen ja korjaaminen voidaan tehdä tehokkaasti.

Analogiaelektroniikan toiminnallinen testaus

Analogiaelektroniikan tuotannon toiminnallisessa testauksessa pyritään varmistamaan, että testattava tuote toimii täysin oikein kaikissa käyttöolosuhteissa. Korttitason toiminnallisessa testauksessa testaus tapahtuu samalla periaatteella kuin digitaalelektroniikan testaus, eli syöttämällä tarvittava heräte ja mittaamalla vaste. Suurin periaatteellinen ero digitaalelektroniikan testaukseen on siinä, että analogiaelektroniikan herätteet ovat analogiasignaaleja.

Funktionaalisen testauksen yleisimmät testaustavat

Seuraavassa on esitelty yleisimmät funktionaalisen testauksen testaustavat ja testeriarkkitehtuurit.

Lopputuotteen toiminnallinen testaus

Toiminnallinen testaus tehdään kokoonpanon jälkeen lopputuotteelle, eli asiakkaalle toimitettavalle tuotteelle. Tämä on yleisin toiminnallisen testauksen muoto, ja soveltuu parhaiten monimutkaisille pienivolyymisille tuotteille. Testaus voi muodostua hyvinkin hitaaksi, jos tuotteessa on paljon vikoja, eikä siihen ole kehitetty itsetestausfunktioita ja vikadiagnostiikkaa testauksen ja vian etsinnän helpottamiseksi. Tästä testaustavasta käytetään myös nimityksiä järjestelmätestaus ja systeemitestaus.

Edut:

- ei varsinaisia testerikustannuksia
- tuotteen suorituskyvyn varmistaminen

Haitat:

- ❑ usein hidas
- ❑ huono vian paikallistaminen
- ❑ virheiden korjauskustannukset suuret
- ❑ mahdollisuus vioittaa tuotetta
- ❑ tuotteen parametrien testaaminen vaikeaa

Tällainen ratkaisu yksinään on harvoin toimiva, joten se edellyttää korttien valmistusprosessiin sisällytettyjä kattavia valmistusvirheiden paljastavia menetelmiä.

Kortin testaus itse tuotteessa (Hot-mock-up)

Tässä arkkitehtuurissa testerinä toimii lopputuote, johon testattava yksikkö sijoitetaan muiden yksiköiden ollessa testattuja ja toimivia. Tällainen testaus tehdään yleensä elektroniikkakorteille heti niiden valmistusvaiheen lopussa. Testaus vaatii tuekseen yksikkökohtaisen testausohjelmiston, ja yleensä myös jonkin verran yksikkökohtaista testerin modifiointia. Testerin toteutuskustannukset riippuvat tuotteen kompleksisuudesta sekä siitä, minkä verran testeriin kehitetään yksikkökohtaisia testaus- ja diagnostiikkaohjelmia sekä liityntäelektroniikkaa ja -mekaniikkaa. Tällaisen testeriratkaisun ylläpito ja kehittäminen on hankalaa ja kallista, koska kehittäminen kohdistuu yksittäiseen testeriin. Myös tämä testeriarkkitehtuuri on hyvin yleisesti käytetty suomalaisessa elektroniikkateollisuudessa tuotteiden toiminnalliseen testaukseen.

Edut:

- ❑ suhteellisen pienet testerikustannukset
- ❑ parempi vian paikallistaminen kuin edellisessä
- ❑ paljastaa suhteellisen tehokkaasti vialliset kortit

Haitat:

- ❑ tuotteen parametrien testaus hankalaa
- ❑ testerin tai testattavan yksikön vioittumismahdollisuus
- ❑ ylläpito ja kehittäminen hankalaa

- testauksen kustannukset voivat nousta suuriksi, jos testereitä joudutaan toimittamaan usealla sopimusvalmistajalle

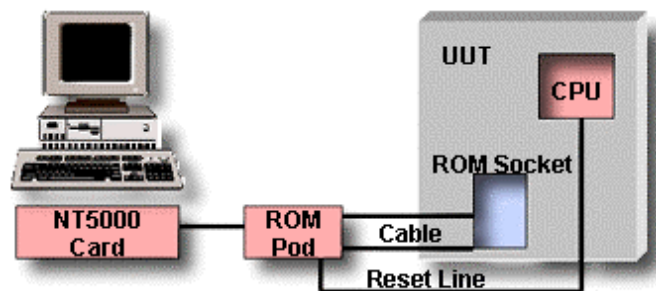
Proessorikorttien testaus emulointimenetelmillä

Emulointimenetelmät ovat perinteisesti tarkoitettu sulautettujen järjestelmien suunnitteluvaiheen testaukseen, mutta nykyään emulointimenetelmiä on kehitetty siten, että ne soveltuvat hyvin myös pieni volyymisten prosessorikorttien tuotanto- ja käyttövaiheen testaukseen ja vian hakuun [5].

Emulointimenetelmiä on periaatteessa neljää eri tyyppiä:

- ROM emulointi
- prosessoriemulointi
- väyläemulointi
- emulointi debuggaus liitännän kautta

ROM emuloinnissa, jota kuva 2 edustaa, emulaattori korvaa testattavan prosessorikortin alustus- ROM piirin.



Kuva 2. Geotest Ltd:n NT5000 ROM emulointijärjestelmä.

Testausohjelmisto, joka on yleensä kirjoitettu korkean tason kielellä, sijaitsee emulaattorin omassa muistissa. Fyysisesti emulaattori liitetään testattavaan korttiin mittapäällä, joka asetetaan kortin oman ROM piirin kantaan tai piirin päälle. Lisäksi tarvitaan yleensä muutama testipiste testattavalla kortilla, esim. prosessorin resetointia tai muuta ohjausta varten. Menetelmän edut ovat testerin yksinkertaisuus ja halpuus sekä testaaminen prosessorikortin normaalilla nopeudella. Menetelmän haittapuolena on liittyminen juotettuun

ROM piiriin luotettavasti. Tyypillisiä ROM emulaattorin testifunktioita voivat olla RAM ja ROM testit, väylätestit, osoitteiden jäljittäminen ja piirien valintojen tutkiminen. ROM emulaattoreita on olemassa kolmea erilaista variaatiota, stand – alone malli, se voi olla osana kaupallisia ICT tai funktionaalisia testeriä tai emulaattori voi olla erillisenä PCI tai PXI väyläisenä korttina. Näistä kaksi viimeistä mallia on mahdollista integroida osaksi automaattista testausjärjestelmää.

Prosessoriemuloinnissa emulaattori korvaa kortin normaalin prosessoripiirin, jolloin kaikki testifunktiot voidaan suorittaa ikään kuin normaalin prosessorin ohjaamana. Fyysisesti emulaattorilla liitytään joko kytkentäkannalla varustetun ja testauksen ajaksi poistetun piirin paikalle tai kytkeydytään kytkentäadapterilla prosessoripiirin päälle. Liitynnän lisäksi merkittävä haitta on se, että testaus ei tapahdu prosessorikortin normaalilla nopeudella, vaan kellotaajuudet ovat yleensä < 30 MHz.

4.3.3 Testaustekniikoiden yhteenveto

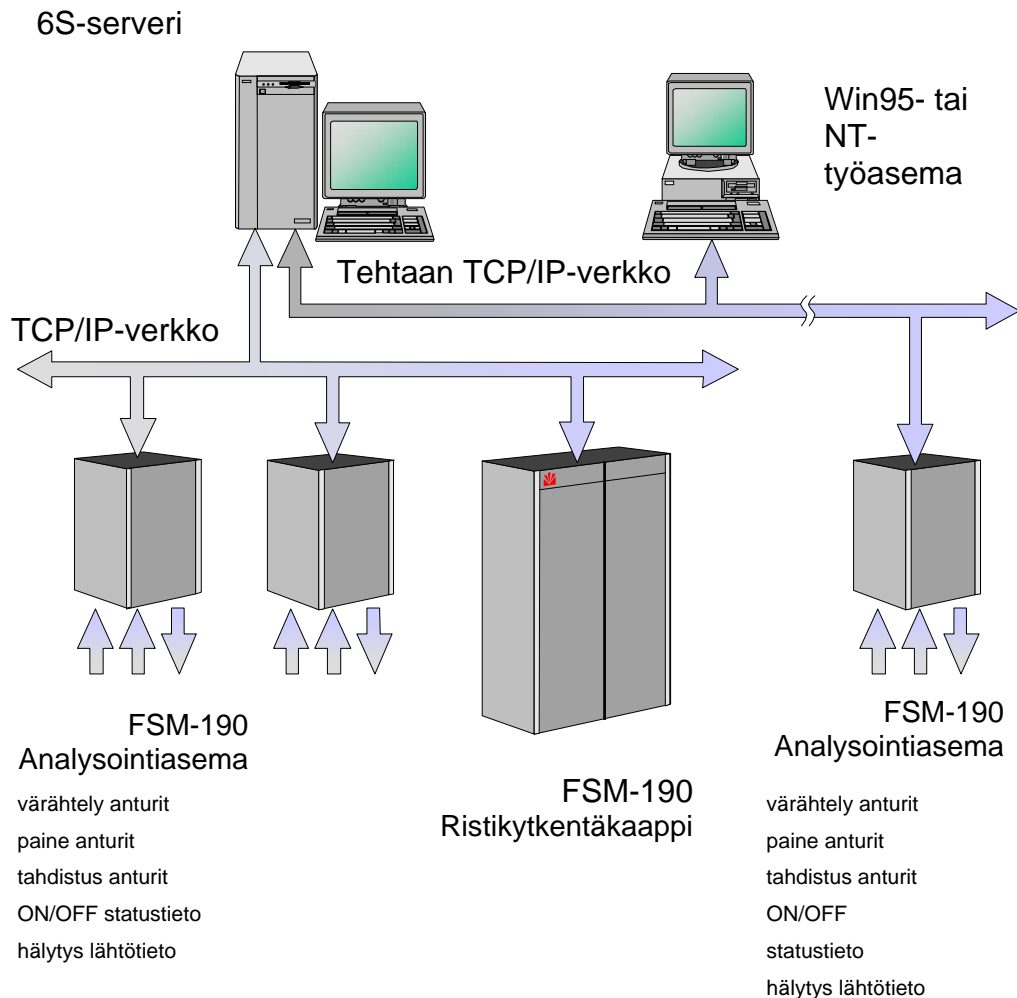
Tuotannon aikaista testauksista optiset tarkastukset muodostavat merkittävän osan. Tarkistuksia voidaan tehdä eri työvaiheiden välissä ja näin vähennetään mahdollisen turhan työn määrää. Mikäli tuote ehtii linjalla useiden tuotantovaiheiden läpi ennen vian löytymistä, niin kustannukset nousevat huomattavasti.

Tuotteen lopullisen kunnon varmistavat rasisuskarsinta- ja toiminnallinen testaus. Näillä toimenpiteillä pyritään varmistamaan tuotteen toiminta asiakkaan tulevassa toiminnassa.

5 6S-JÄRJESTELMÄ

Seuraavassa kuvassa (kuva 3) esitetään 6S käynnin- ja kunnonvalvontajärjestelmän periaate[6].

Sensodec 6S-järjestelmä koostuu serveristä, tcp/ip-verkosta, ristikytkentäkaapeista, analysointiasemista, antureista sekä johdotuksista. Antureilta tuleva informaatio ohjataan järjestelmän serverille, jossa se muutetaan lopulliseen muotoonsa. Käsitelty informaatio on luettavissa tehtaalle asennetuista näyttöpäätteistä.



Kuva 3 Sensodec 6S-järjestelmä

5.1 Kunnonvalvonnan analyysit

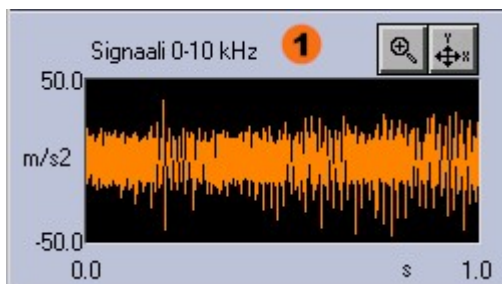
Laakerinvalvontasovelluksessa tehdään joka mittauskohteelle kaksi analyysiä

- korkeataajuinen (HF) ja
- keskitaajuinen (MF).

STA-analyysi voidaan tehdä, jos mittauskohteella on tahdistusanturi.

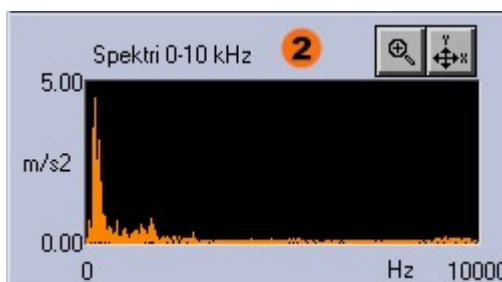
HF-analyysi

HF tulee sanoista High Frequency (=korkea taajuus). Analyysin alussa mitataan anturin bias-jännite, joka kuvaa anturin toimintakuntoa. Jos bias-jännite on normaalin toiminta-alueen ulkopuolella, analyysiä ei suoriteta.



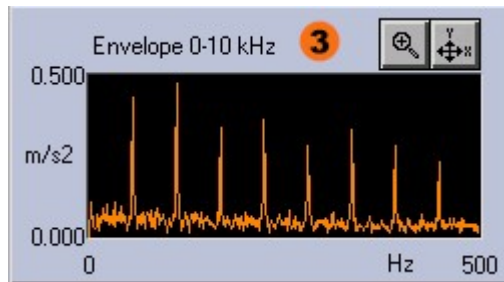
Kuva 4. Aikatason signaali

Noin 40 KHz:n näytteenottotaajuudella mitataan neljän sekunnin kiihtyvyyssignaali, josta lasketaan normaalisti yksi sekunti. (Kuva 4)



Kuva 5. Spektri

Signaalista lasketaan 16384 pisteellä huippuarvospektri käyttäen Hanning-ikkunointia. Spektrin resoluutioksi tulee noin 1,2 Hz. Spektri näytetään 10000HZ:iin asti. (Kuva 5)



Kuva 6. Envelope

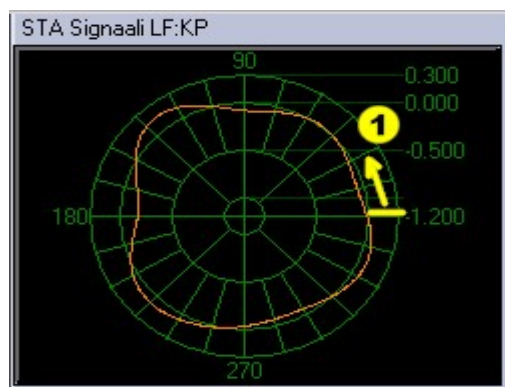
Signaalista lasketaan myös envelope-spektri 2500 Hz:n ylipäästösuodolla ja 500 Hz:n alipäästösuodolla. Spektrin resoluutioksi tulee noin 1,2 Hz. (Kuva 6)

MF-analyysi

MF tulee sanoista Middle Frequency (=keskitaajuus). Analyysin alussa mitataan anturin bias-jännite, joka kuvaa anturin toimintakuntoa. Noin 4 KHz:n näytteenottotaajuudella mitataan kahdeksan sekunnin kiihtyvyyssignaali, josta näytetään normaalisti yksi sekunti.

STA-analyysi

Tahdistettu keskiarvostettu mittaus tehdään 1 000 tai 2 000 Hz:n näytteenottotaajuudella. Tahdistusanturin ja värähtelyanturien signaaleja mitataan yhtä aikaa niin kauan, että päästään 100 keskiarvoon. Ympyräkuvat (kuva 7) muodostetaan STA-signaaleista siten, että yhden kohteen kierroksen mittaiset signaalit näytetään ympyrän muodossa.

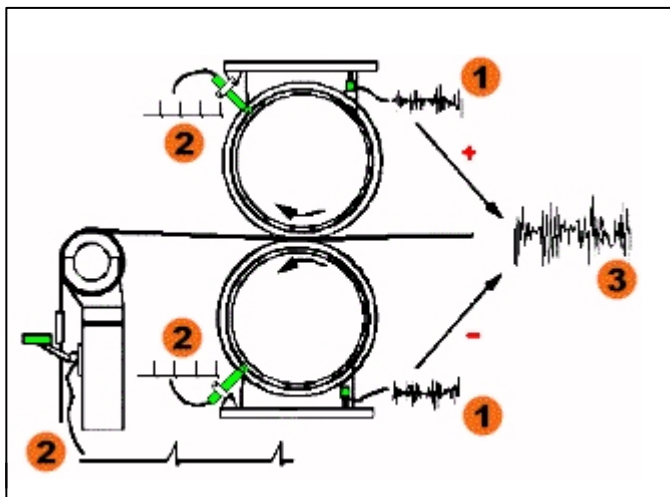


Kuva 7. Ympyräkuva

5.2 Ajettavuusvalvonnan analyysit

Ajettavuusvalvonnan analyysit tehdään kahdessa osassa. Ensimmäinen osa sisältää kohteen vaihtelun (esim. nippivärähtelyn, painevaihtelun tai paperin laatusuureen vaihtelun) mittauksen. Toinen osa sisältää saman vaihtelun mittauksen tahdistettuna mahdollisiin vaihtelun aiheuttajiin.

Nippianalyysit tehdään mittaamalla värähtelyt nippiteloista (1) sekä tahdistussignaali teloista ja huovista (2) yhtäaikaaisesti. Värähtelysignaaleista lasketaan summasignaali (3) niin, että nipin auki-kiinni -värähtely näkyy signaalissa. Kuvan tapauksessa (Kuva 8) anturit on asennettu vastakkain. Tällöin oikean tuloksen saamiseksi toisen signaalin arvojen etumerkit täytyy vaihtaa päinvastaisiksi.



Kuva 8. Kokonaisvaihtelu

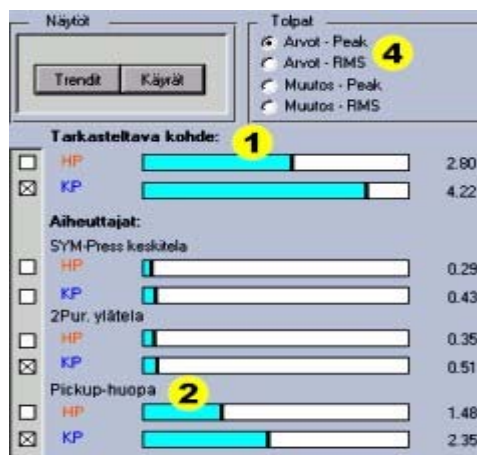
Kokonaisvärähtelysignaali on nippianalyysissä tahdistamaton summasignaali. Mittauksen yhteydessä lasketaan kohteen pyörimistaajuus.

Kokonaisvaihtelusignaalin näytteenottotaajuutena on yleensä noin 500 Hz ja pistemääränä 5 000. Spektri lasketaan käyttäen Hanning-ikkunointia ilman keskiarvostusta. Spektri yltää 250 Hz:iin ja spektrin resoluutio on noin 0,48 Hz.

Aiheuttajat

Signaali, joka on nippianalyyseissä summasignaali, pilkotaan ohjelmallisesti yhden tahdistajan kierroksen mittaisiin osiin, jotka keskiarvostetaan. Keskiarvojen määrä on 100. Jos yhdellä mittauksella ei saada riittävää keskiarvomäärää, mittaus toistetaan. Mittauksen yhteydessä lasketaan tahdistajien pyörimistaajuudet.

STA-signaalien näytteenottotaajuutena on yleensä noin 1 000 Hz ja pistemääränä 10 000.



Kuva 9. Aiheuttajakuva

Seuraavassa on selitetty käyttöliittymässä näkyvän aiheuttajaikkunan yksityiskohtia. (Kuva 9) Aiheuttajaikkunasta voidaan päätellä värähtelyn lähde, mikäli mittauskohteet pääsevät vaikuttamaan toisiinsa.

1. Mittauskohteen kokonaisvaihtelun huippu- tai tehollisarvo
2. Mahdollisiin aiheuttajiin tahdistetun kohteen vaihtelun huippu- tai tehollisarvo (kuvassa tahdistus Pickup-huovalta)
3. Kokonaisvaihtelu- ja STA-signaaleista lasketaan huippu- ja tehollisarvo.
4. Näytön sisällön valinta: huippu- (Peak) tai tehollisarvo (RMS).

6 MUUTOKSET 6S-JÄRJESTELMÄSSÄ VUONNA 2000

6.1 Prosessorikortti

6S:n aiemmin käytössä olleen FSM-190P kortin valmistukseen tarvittavien komponenttien saatavuus heikkeni ja loppui kokonaan. Tuotekehitys sai valmiiksi uuden korvaavan kortin vuoden 2001 alkupuolella. Kortin tyyppinimi oli FSM-191P. Tämän mallin kanssa oli ongelmia heti alusta alkaen. Ilmeisesti ohjelmistopuolen takia kortti oli hyvin epäluotettava. Edes testausvaiheessa kortteja ei saatu toimimaan odotetulla tavalla. Suurin osa korteista ei suostunut lataamaan analyysejä sisälle ja asemat kaatuilivat jatkuvasti muutaman minuutin välein. Lopputestauksessa kortit toimivat välttävästi ja tehtaalla vielä huonommin. Teknologyryhmä teki useita ala-asemaohjelmistojen versioita, mutta uutta korttia ei saatu toimimaan tyydyttävällä tavalla.

Kesällä 2001 FSM-191P korttien piirilevyille vaihdettiin huoltotyönä useita piirejä. Aiemmin oli piirilevyillä ollut monien valmistajien komponentteja sekaisin. Muutoksella pyrittiin selvittämään korjautuisivatko ongelmat käyttämällä vain yhden valmistajan piirejä. Kortin toiminta ei kuitenkaan korjaantunut tällä toimenpiteellä.

Viimeisellä ohjelmistoversiolla kevennettiin mittauksia ja näin saatiin asemat pysymään pystyssä. Joidenkin mittauksien osalla on vielä ongelmia, kuten tuloksiin ilmestyvät piikit ilman järkevää selitystä.

Metso onnistui hankkimaan osat n. 200 FSM-190P kortin valmistamista varten. Näillä korteilla oli tarkoitus antaa aikaa tuotekehitykselle uuden FSM-191P kortin saattamiseksi toimintakuntoiseksi. Prosessorikortit toimittaa sopimusvalmistaja. Valmistumisajankohta oli vuoden 2001 lopussa. FSM-191P-korttien kehitystyö jatkuu riittävän toimintavarmuuden saavuttamiseksi.

6.2 Linjavastuksen muutos korttikehikossa SR-21

Alkuvuodesta 2001 havaittiin analogiakorttien määrän korttikehikossa vaikuttavan järjestelmän toimintaan. Mikäli kehikossa oli FSM-190A kortteja 3 tai vähemmän järjestelmä ei suostunut mittamaan. Kehikkoon oli toimitettaessa lisättävä neljäs kortti, vaikka sille ei olisikaan mitään käyttöä. Asia korjattiin linjavastusta muuttamalla. Aiemmin oli ilmeisesti ollut ongelmana, että kehikko ei toimi täydellä korttimäärällä. Aiemman muutoksen yhteydessä oli vastusta ilmeisesti muutettu hieman liikaa.

6.3 FSM-190A-analogiakorttien komponenttien vaihto

Kesällä 2001 kaikkiin uusiin analogiakortteihin vaihdettiin komponentit (R12, R15, R18, R21, R24, R27, R30, R33, R41, R72, R103, R134, R165, R196, R227 ja R258) (LIITE B), koska Petri Ingalsuo huomasi A/D-muuntimen ylös vetovastuksen olevan liian iso. Vastusten arvo muutettiin $1\text{K}\Omega \rightarrow 390\Omega$. Väärä arvo oli aiheuttanut analogiakorttien huoltokierteen, koska korttien "säätö" oli ollut aivan toisella äärirajalla. Kortit saattoivat toimia yhtenä päivänä ja toisena päivänä ne antoivat virheilmoituksen.

6.4 Piirin vaihto FSM-190B-binäärikortteihin

Syksyllä 2001 huomattiin, että sopimusvalmistajan tuotannon osaluetteloissa on ollut eri piirin nimi, kuin piirikaaviossa. Myöhemmin tarkastelussa selvisi, että piirikaavion tiedot pitivät paikkansa.

7 SOPIMUSVALMISTAJAN TESTAUSJÄRJESTELMÄN SELVITYS

Sopimusvalmistajan käytössä olevan tuotantotesterin selvitystyö aloitettiin sopimusvalmistajan luona 20.08.2001.

Sopimusvalmistajan tehtaalla tutustuin tarkemmin testausjärjestelmään ja sen toimintaperiaatteisiin. Paikalla oli tehtaan tuotannosta ja testauksesta vastaavat henkilöt. Kyselemällä sain runsaasti tietoa testaukseen liittyvistä ongelmista ja mahdollisista ratkaisuista. Testaajille nämä ongelmat olivat jo ennalta tuttuja, mutta aiemmin ei ole ollut tarvetta Metson puolelta selvittää näitä asioita. Suurin osa tämän selvitystyön kohteista muotoutui tällä vierailulla.

Tuotantotestauksen suorittaminen tapahtuu PC:n avulla. Herätegeneraattori syöttää korteille signaaleja ja tulokset ohjautuvat 6S-järjestelmän tavoin ns. käyttöliittymään. Näin siis FSM-190A:n ja FSM-190B:n tapauksissa. Prosessorikortit FSM-190P ja FSM-191P testataan erillisten ohjeiden ja käytäntöjen mukaan. Samalla korteille asetetaan MAC-osoite ja kellonaika.

Myöhemmin työn edistyessä kyselin tarkennuksia laitteistosta testausta suorittavalta työntekijältä. Kysymykset koskivat lähinnä laitteiden sarjanumeroita ja ikää. Lisäksi saatiin varmistus herätegeneraattorin kalibroinnista vuosittain.

Suureksi avuksi tuotantotesterin selvityksessä olivat testaajille tarkoitetut ohjekansiot. Nämä kansiot sisältävät yksityiskohteiset ohjeet tuotteiden testauksesta ja tarvittavista laitteista.

7.1 Johdanto tuotantotesteriin

Valmet Sensodecin FSM-järjestelmän (6S) yksiköiden toiminnallisen testauksen suorittamiseksi on toteutettu testausjärjestelmä (kuva 10), joka koostuu

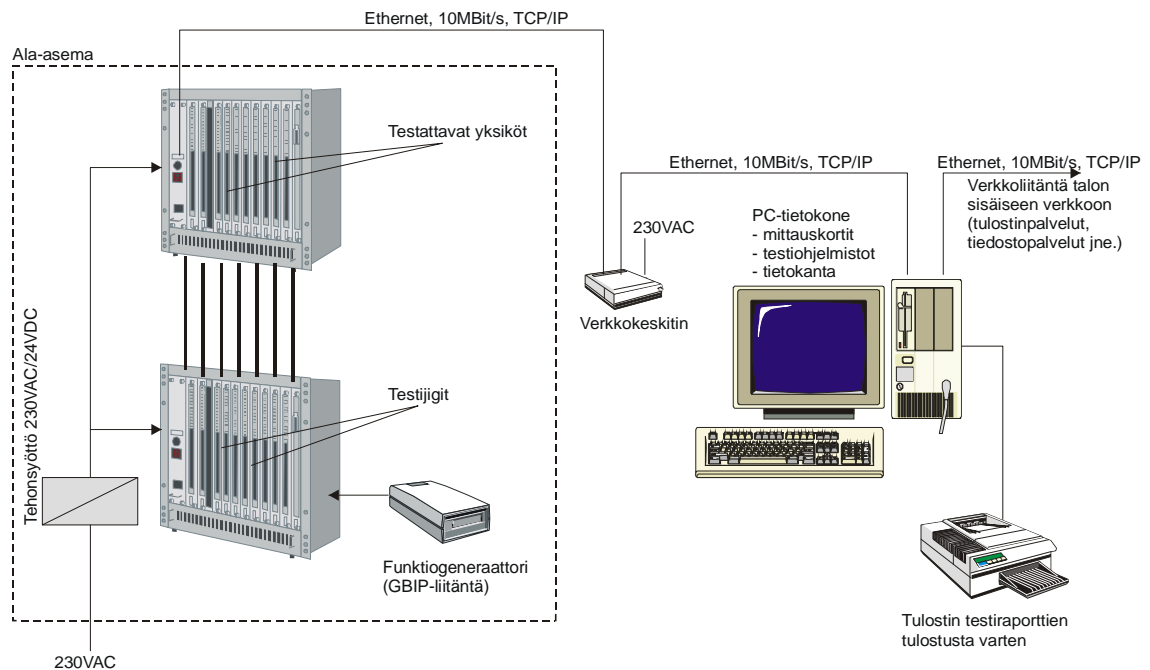
- PC-tietokoneesta, verkkokeskittimestä
- PC-tietokoneeseen asennetuista lisäkorteista
- PC-tietokoneen ohjelmistoista (tietokanta, Sensodec-sovellus)
- LabView-ohjelmistoista (testausohjelmistojen käyttöliittymät + alimman tason ajurit + kommunikointi Sensodec-sovelluksen kanssa)
- FSM-asemasta sisältäen kehikon, taustalevyn ja tehonsyöttöjärjestelyt
- erikseen toteutetuista FSM-järjestelmään kuuluvien yksiköiden testaukseen tarvittavista testijigeistä (testikorteista), jotka on asennettu FSM-asemaan omaan kehikkoonsa ja kaapeloitu FSM-järjestelmän taustalevylle
- GBIP-väylän kautta ohjattavasta funktiogeneraattorista

Järjestelmä on integroitu kokonaisuudeksi, missä PC-tietokoneen käyttöliittymän avulla voidaan suorittaa kunkin yksikön toiminnallinen testaus. Testauksen tuloksena ohjelmisto tallettaa sarjanumerokohtaiset testiraportit PC-tietokoneen kovalevylle.

Testiraporteista selviävät mm. yksiköiden testatut spesifikaatiot ja toimivuus/toimimattomuus (PASS/FAIL) sekä testien hyväksymisrajat. Raportit voidaan luonnollisestikin myös tulostaa, jolloin ne voidaan liittää toimitettavien yksiköiden mukaan tai arkistoida erikseen.

Testausjärjestelmä

Kaaviokuva testausjärjestelystä [7] on esitetty seuraavassa kuvassa



Kuva 10 Funktionaalisen testausjärjestelyn kaaviokuva

Testerikehikossa on 11 korttipaikkaa. Ensimmäinen eli korttipaikka 0 (vasemmanpuoleisin) paikka on tarkoitettu FSM-190P prosessorikortille.

Testikäyttöön varatun prosessorikortin tulee olla paikallaan FSM-190A, FSM-190B tai FSM-190R kortteja testattaessa. Ensimmäistä korttipaikkaa käytetään myös prosessorikorttien tuotantotestaukseen.

Korttipaikat 1-8 on varattu FSM-190A kortin testaukseen ja korttipaikka 9 on varattu FSM-190B kortin testaukseen.

Korttipaikka 10 on varattu FSM-190R kortin testaukseen. (FSM-190R ei ole enää käytössä)

7.2 Yksiköiden toiminnallinen testaus

7.2.1 Analogiakortti FSM-190A

Analogiakortille suoritetaan kolmiosainen testi, jonka tarkoituksena on testata kortin toimintaa. Suoritettavat testit esitellään työn ohessa olevassa liitteessä, jossa ne on kuvattu yksityiskohtaisesti. (LIITE D)

Virtageneraattorin toiminta [8]

FSM-190A –yksikön virtageneraattorin lähtövirta tarkistetaan kahdella eri kuormalla. Testin aikana kuormitetaan virtageneraattoria ja mitataan alasemaan asennetun testijigin ja PC:ssä olevan mittauskortin avulla virtageneraattorin syöttövirta. Mikäli lähtövirta on sallituissa rajoissa, testi hyväksytään (PASS), muussa tapauksessa testi hylätään (FAIL).

Hyväksymis/hylkäämisrajat käyvät ilmi testilaitteiston tulostamalta testiraportilta.

Mittauskanavien toiminnallinen testaus

FSM-190A –yksikön mittauskanavien toiminta tarkistetaan kolmella eri tulosignaaliilla. Testin aikana kanavia syötetään signaaligeneraattorin avulla ja tehdään tulosignaalista analyysit. Testissä selviää kanavien AC- ja DC-osoiden toimivuus eri taajuuksilla. Mikäli mittaustulokset on sallituissa rajoissa, testi hyväksytään (PASS), muussa tapauksessa testi hylätään (FAIL).

Hyväksymis/hylkäämisrajoja ei esitetä testiraportissa. Rajat voidaan tarvittaessa tarkistaa erillisen ohjelman avulla.

Testausaika:

FSM-190A korttien testausaika nykyisellään noin 2min/kortti/testiosio eli yhteensä noin 6 min./kortti. Kehikkoon voidaan laittaa yhtäaikaan 8 korttia. Laitteisto ei kuitenkaan mittaa, kuin yhtä korttia kerrallaan, eli yhteensä koko kehikossa menee 8*6min.

Mittaustulosten tulkintoja[9]

1. Virtageneraattoreiden testaus:

- Virtageneraattoreiden toiminta testataan kahdella eri kuormalla. Virtageneraattoreiden syöttämän virran oltava sallittujen rajojen sisäpuolella.
- Mikäli jokin virtageneraattori ei saavuta sille asetettuja vaatimuksia, todennäköisin vika on itse piirissä.

2. Kanavien testaus:

- Mittauskanavien toiminta testataan kolmella eri tulospaallilla. Mittaustulosten tulee olla sallituissa rajoissa. Mittauskanavien toiminta. Testin ensimmäisessä osiossa kanaville syötetään 10Hz:n sinimuotoinen signaali 1V:n offsetilla, jolloin testataan kanavien AC-puolen toimivuus pienillä taajuuksilla (hitaampi näytteenottotaajuus) sekä DC-tasomittauksen toimivuus. Testin toisessa osiossa kanaville syötetään 5kHz:n sinimuotoinen signaali, jolla testataan AC-puolen toimivuus suurilla taajuuksilla (nopeampi näytteenottotaajuus). Testin kolmannessa osiossa kanaville syötetään valkoista kohinaa, jolla testataan AC-puolen mittaalueen toimivuus koko taajuusalueella. Kaikissa testiosioissa mitatusta signaalista saadusta spektristä tarkastellaan kolmen suurimman piikin huippuarvoa ja taajuutta.

Kanavien testauksessa on havaittu seuraavanlaisia vikatyyppejä (taulukko 1):

Taulukko 1. FSM-190A Vikatyyppejä

1.1.1.1 Vikakuvaus	1.1.1.2 Mahdollisia vikapaikkoja
Kortilla yksi tai useampi kanava pimeänä (kaikki mittaustulokset nolliä)	DC/DC-U26, ADC-U34, OpAmp-U2/U18/U81/U90, Optot-U58/U59/U60/U10, tai kyseisten osien oheiskomponentit
Analyysit eivät onnistu miltään kanavalta	DC/DC-U88, FPGA-U45/U46/U79, Buff-U42/U43/U44
Analyysit eivät onnistu miltään kanavalta ja kortti estää muidenkin korttien analyysit	FPGA-U45/U46/U79
Kortin jollakin kanavalla spektriäpiikin huippuarvo ei ole sallitulla alueella	DC/DC-U48, ADC-U34, Ref-U98, OpAmp-U2/U18, tai kyseisten osien oheiskomponentit
Kortin jollakin kanavalla DC-taso ei ole sallitulla alueella (testiosio 1)	OPamp-U2/U18, DC/DC-U26, ADC-U34, tai kyseisten osien oheiskomponentit

Binäärikortti FSM-190B

FSM-190B-yksikön toiminta tarkastetaan viidellä eri virtaviestillä (2.5 mA, 4 mA, 12 mA, 18 mA ja 34 mA). FSM-190B-yksikön on kyettävä ilmaisemaan kolmea eri tilaa (0, 1 ja virhetila). Virtatulon ollessa alle 3 mA on kyseessä virhetila. 0 ja 1 tilojen välinen kynnysarvo on 15 mA. Lisäksi yksiköllä on virtarajoitin, joka rajoittaa virtaviestin maksimissaan n. 30 mA:iin. Testauksessa tutkitaan yksikölle syötetyn virran taso ja yksikön syöttövirralle antama vaste. Mikäli syötettävä virtasignaali on sallituissa rajoissa ja yksikkö palauttaa signaalia vastaava tilan oikein, testi hyväksytään (PASS), muussa tapauksessa testi hylätään (FAIL).

Testausaika:

Testi kestää noin 8 min/kortti. Tässä ajassa käydään läpi kortin jokainen kanava.

Proessorikortit FSM-190P ja FSM-191P.

Proessorikortin FSM-190P testaus suoritetaan vaihtamalla U34 EPROM-piirin paikalla erikseen testausta varten ohjelmoitu piiri, joka sisältää tarvittavan testausohjelmiston.

Uudemman FSM-191P prosessorikortin testaus tapahtuu asettamalla compact flash-muistikortti kortin etupaneelissa olevaan liittimeen. Flash-kortti sisältää testauksessa tarvittavat ohjelmistot.

Proessorikorttien testausta helpottavat kortin itsediagnostiikkatoiminnot, sekä etupaneelissa sijaitsevat ledit. (LIITE C)

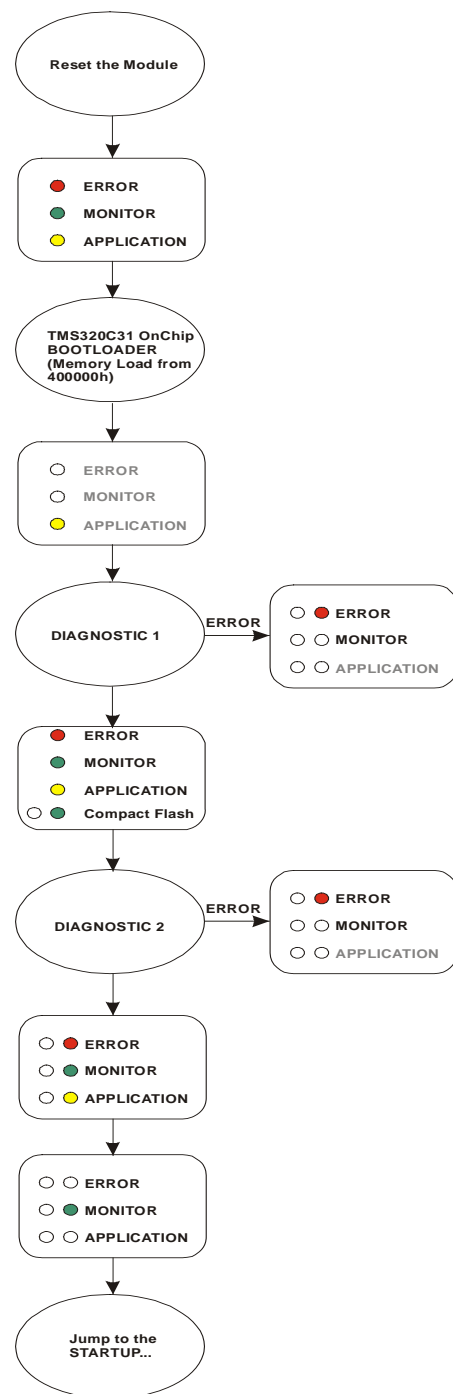
Proessorikortin etupaneelissa sijaitsevien ledien perusteella voidaan määritellä kortin toimintaa. Ledien valojen kombinaatioilla saadaan selville kortin toimivuus, sekä joitakin vikatiloja. Näitä tiloja on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Yksikön toimintakunnon päättely ledien perusteella.

Ledien tila	Toiminnan kuvaus	Pass / Fail
+5V ledi palaa MON ja ERR ledit vilkkuvat vuorotellen	Toiminta normaali	Pass
ERR ledi palaa jatkuvasti	<i>(non-fatal error)</i> vikatilanne, laite toimintakuntoinen	Fail
ERR ledi vilkkuu	<i>(fatal error)</i> vikatilanne, laitteen toiminta keskeytetty	Fail

FSM-191P kortin toimintaa ohjaa kortin käynnistyksen yhteydessä portaittain etenevä ohjelma. Sekvenssikaavion perusteella voidaan päätellä kortin toiminta ja mahdollisen vikatilanteen sattuessa rajata vian syitä. Kaaviossa edetään portaittain ja ledit ilmoittavat itsediagnostiikan etenemisen ja mahdollisten vikatilojen syntyessä kortin virheellisen toiminnan.

BOOTLOAD



Kuva 11. Funktionaalisen testausjärjestelyn kaaviokuva

Mikäli testattava yksikkö läpäisee itsediagnostiikan, Boot –ohjelma käynnistyy ja alkaa ladata varsinaista ohjelmakoodia (StartUp) Compact Flash kortilta.

7.2.2 Testien kattavuus

Analogia- ja binäärikorttien osalta testien luotettavuutta ja laajuutta selvitettiin useiden testauksen suunnitteluun osallistuneiden asiantuntijoiden kanssa ja testit todettiin riittävän laajoiksi ja toimiviksi. Tulevaisuudessa analogiakortin testaukseen on tarkoitus lisätä DC-kanavan kalibrointi[10].

Proessorikorttien osalta kehitystyö on jatkuvaa, joten testaus ei ole missään vaiheessa päässyt vanhentumaan. Erityisesti kortin vaihtuminen uuteen FSM-191P malliin on varmistanut tuotantotestauksen säilymisen käyttökelpoisena.

8 OHJELMISTOEROT JÄRJESTELMIEN KESKEN

8.1 Sopimusvalmistaja

Sopimusvalmistajan tehtaalla olevassa tuotantotesterissä ovat käytössä seuraavat ohjelmistoversiot[11]:

6S-Server 2.1.7.0

Io Server 1.1.0.1

Log Server 1.1.0.1

Labview-ohjelmisto (Versio 5)

6S-Muunneltu käyttöliittymä V 1.2.4

Testausjärjestelmä ei ole tehty aivan samalla tavalla, kuin toimitusversio. Sopimusvalmistajan tiloissa sijaitseva testausympäristö on ohjelmallisesti rakennettu labview-kehitysympäristön ”päälle”.

8.2 6S-toimitusversion ohjelmistot (V 2.6.5)

Seuraavassa taulukossa on vertailtu Metson toimitusversion ja sopimusvalmistajan tuotantotesterissä käytettyjä ohjelmistoversioita (taulukko 3).

Taulukko 3: Ohjelmistoversiot 6S vs. Tuotantotesteri

Ohjelma	METSO	SOP.VALM.
User Interface	V 1.6	V 1.2.4
6Sserver	V 5.3.4	V 2.1.7.0
IoServer	V 2.3.0	V 1.1.0.1
LogServer	V 2.3.1	V 1.1.0.1

Tuotantotesterin käyttämät ohjelmistot ovat selvästi vanhempia, kuin toimitusversiossa olevat[12] tämä aiheuttaa eroja testauksessa, koska Sensodecin lopputestaus tapahtuu toimitusversiolla ja asiakkaalle menevillä tuotteilla. Ohjelmistoista löytyvät erot eivät kuitenkaan ole ratkaisevia.

Selvitettäessä mahdollisuutta päivittää tuotantotesteriin uusimmat ohjelmistot kävi ilmi, että mikäli yhtä ohjelmisto päivitetään niin kaikki menevät uusiksi. Tämä vaatisi suurta työpanosta tuotekehitykseltä, koska tuotantotesterin ohjelmistot on tehty "käsityönä". Toimitusversion uusimpia ohjelmistoja ei voisi vain laittaa vanhalle koneelle. Mikäli tähän joudutaan, niin työmääräyksen pitää tulla ylemmältä portaalta tuotekehitykseen[13].

9 TULOKSET JA JATKOKEHITYS

9.1 Vikatilastot

Seuraavissa taulukoissa ja kaavioissa olevat tiedot ovat peräisin logistiikkaosaston ylläpitämistä huoltoraportti-kansioista [14]. Niihin kerätään tiedot jokaisesta vialliseksi ilmoitetusta kortista. Kansioista ilmenee myös mahdolliset huoltotoimenpiteet ja sopimusvalmistajan testaustulokset.

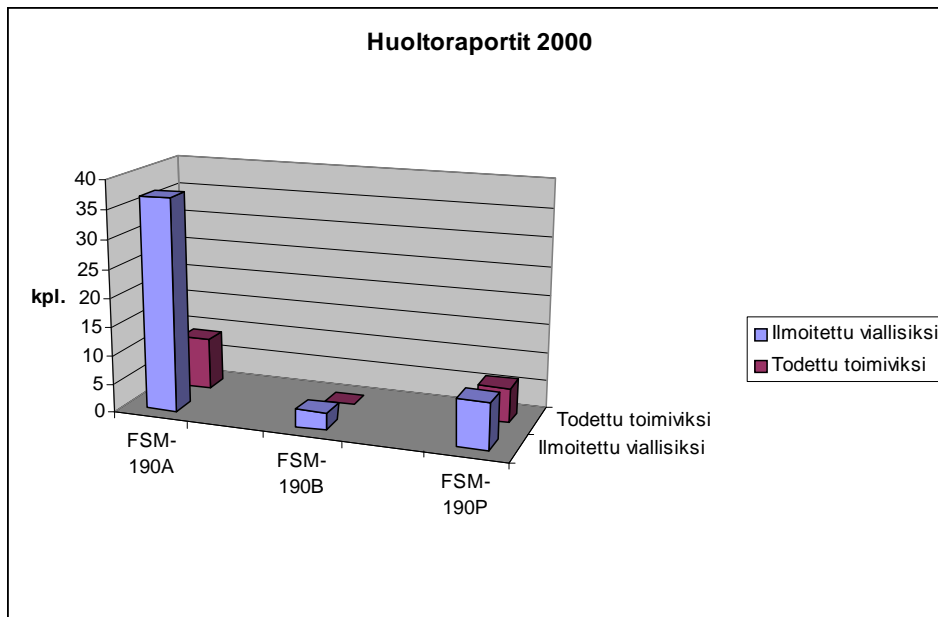
9.1.1 Huoltoraportit 2000

Seuraavassa taulukossa (taulukko 6) esitetään vuonna 2000 huoltoon lähetettyjen korttien määrät. Toisessa sarakkeessa ilmoitetaan sopimusvalmistajan testeissä toimiviksi todetut kortit. Varsinkin analogia- ja prosessorikorttien osalta palautuneita kortteja oli suhteellisesti suuri osuus. Analogiakorteilla n. 24%, binäärikorteilla 0% ja prosessorikorteilla n. 75%.

Taulukko 6. Vialliset FSM-190A kortit vuonna 2000

		FSM-190A		FSM-190B		FSM-190P
Ilmoitettu vialliseksi		37		3		8
Todettu toimiviksi		9		0		6

Seuraavassa kuvassa esitetään huoltoon lähetettyjen korttien määrä vuonna 2000 tuotteittain (kuva 12)



Kuva 12. FSM-190A vikatilastot vuonna 2000

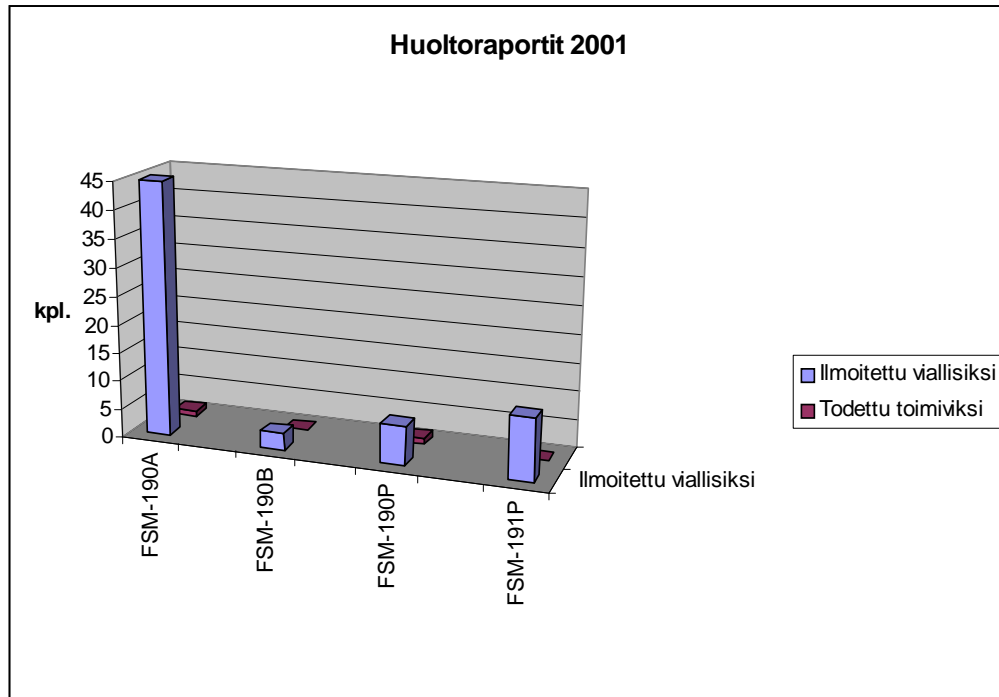
9.1.2 Huoltoraportit 2001

Seuraavassa taulukossa (taulukko 7) esitetään vuonna 2001 huoltoon lähetettyjen korttien määrät. Toisessa sarakkeessa ilmoitetaan sopimusvalmistajan testeissä toimiviksi todetut kortit. Verrattaessa taulukon tietoja vuoteen 2000 on tapahtunut merkittävät parannus. Toimivina palautettuja kortteja ei ollut juuri lainkaan. Virheprosentit olivat analogiakorteille n.2.2%, binaarikorteille 0% ja prosessorikorteille 14,2%(FSM-190P), 0%(FSM-191P).

Taulukko 7. Vialliset FSM-190A kortit vuonna 2001

	FSM-190A	FSM-190B	FSM-190P	FSM-191P
Ilmoitettu viallisiksi	45	3	7	11
Todettu toimiviksi	1	0	1	0

Seuraavassa kuvassa esitetään huoltoon lähetetyt kortit vuonna 2001 tuotteittain. (kuva 13)



Kuva 13. FSM-190A vikatilastot vuonna 2001

Kuten yllä olevasta kaaviosta helposti havaitaan vuonna 2001 viallisia analogiakortteja oli runsaasti, mutta ns. huoltokierrettä ei syntynyt. Eli korteissa esiintyvät viat voitiin havaita testien avulla. Tästä voidaan päätellä, että testausmenetelmät olivat riittävän luotettavia.

9.2 Käytännön tulokset ja jatkokehitys

Työn kuluessa suoritettiin vertailua sopimusvalmistajan tuotantotestauksen ja Metson lopputestauksen välillä. Lopputyön tekijällä on ollut hyvä tarkkailuasema suorittaessaan harjoittelun aikana lopputestausta Metson tiloissa.

Suurimmat eroavaisuudet olivat laitteiden ohjelmistoissa. Vuosien varrella kaikki ohjelmistot olivat siirtyneet seuraaviin kehitysversioihin. Vanhat

ohjelmistot olivat kuitenkin toimivia tarkoitukseensa. Metson tiloissa toimituksiin liittyvät lopputestaukset tehdään aina viimeisimmillä ohjelmistoversioilla.

Työn yhteydessä selvitettiin Metson asiantuntijoiden kanssa testauksen nopeuttamista ohjelmistomuutoksilla. Risto Heikkinen kommentoi analyysien suoritusaikojen suhteen ja Seppo Tervo selvitti testausympäristön mahdollisia odotusaikojen optimointia.

Sopimusvalmistajan fyysiset testauslaitteet selvitettiin ja tarkistettiin työn aikana. Tarkoitus oli selvittää, pitääkö mitään laitteiston osia vaihtaa mahdollisten teknisten muutosten takia.

Sopimusvalmistajan tiloissa sijaitsevan tuotantotesterin PC uusittiin testaajien raportoiman koneen puhdittomuuden takia. Koneesta pyydettiin tarjouspyyntö paikalliselta tietokonekauppiaalta. Erikoisten rakennevaatimusten takia tavallinen PC ei tähän järjestelmään kelvannut, joten kone jouduttiin räätälöimään vaatimusten mukaiseksi komponenteista.

10 YHTEENVETO

Työn suorituksen aikana selvisi analogiakorttien suurimpien testausongelmien aiheuttajaksi opto-erottimen ylösvetovastus. Tämän korjauksen jälkeen testaus muuttui huomattavasti luotettavammaksi. Vastuksen väärä mitoitus aiheutti sen, että kortit saattoivat esim. toimia aamupäivällä moitteettomasti ja iltapäivällä virheellisesti. Suurin osa huoltokierteeseen johtuneista korteista kärsi tästä ongelmasta. Osa korteista oli tietenkin oikeasti viallisia lähtiessään huoltoon.

FSM-190A-analogiakorttien testauksen nopeuttamiseksi suunniteltu ohjelmistojen optimointi jäi puolitiehen tuotekehityksen henkilöiden suurien työpaineiden takia. Asiaa selvitettäessä paljastui, että testausympäristö on alunperin rakennettu oletusajoille ja niitä ei ole sen jälkeen muutettu optimaalisiksi. Testejä voisi todennäköisesti muuttaa huomattavastikin nopeammaksi. Tuotekehitykselle pitäisi kuitenkin tulla työmääräys ylempää, jotta aikaa muutoksiin ja uuden tuotantotesterin ohjelmistojen asennukseen löytyisi.

Proessorikorttien testaus on ajan tasalla, mutta itse korttien muutokset ovat aiheuttaneet ongelmia testauksessa ja toimitusprojekteissa.

Fyysiset testauslaitteet sopimusvalmistajan tiloissa ovat kunnossa PC:n uusimisen jälkeen. Laitteistosta on aikojen kuluessa uusittu liittimiä ym. pieniä osia. Myös 6S-järjestelmän mahdolliset kehikko ym. muutoksen on huomioitu tuotantotesterissä.

LÄHDELUETTELO

- 1 Ympäristötestauskäsikirja. KOTEL 203 (1989), 171s.
- 2 Rasituskarsinta. KOTEL 239 (1999) 57 s.
- 3 Norris Mark (1999) In-Process inspection of PCB. Electronic Production and Test, October, 128 s.
- 4 M.J. Wickham & C.P. Hunt (1999) Benchmarking Assisted & Automatic Optical Inspection of Electronical Assemblies. NPL Report CMMT (A) 173.
- 5 Jim McBride (2000) ROM Emulation Provides Functional Testing. Test & Measurement World On-Line, June 2000
- 6 Sensodec product material on KAJN01, verkkopalvelin (17.03.2002).
- 7 FSM-korttien testausohje, SEN4X001580, Revisio 3, 2-1
- 8 FSM-korttien testausohje, SEN4X001580, Revisio 3, 3-9
- 9 FSM-korttien testausohje, SEN4X001580, Revisio 3, 3-18
- 10 Hakkarainen, Sami, Lopputyön ohjaaja, Metso Paper Automation Oy Kajaani. Keskustelu 22.10.2001
- 11 Tervo, Seppo, Ohjelmistoasiantuntija, Metso Paper Automation Oy Kajaani, Keskustelu 04.10.2001
- 12 Sensodec 6S toimistusversio 2.6.5. What's new-tiedosto.
- 13 HW-tuotekehityspalaveri 23.10.2001, Muistiinpanot
- 14 FSM-huoltoraporttikansiot (2000 ja 2001), Logistiikka.

TESTERIT

SCHUH PT-960 Comb In-Circuit tester 3 kpl

hankittu 1988 - 1994

Fixturointi- ja ohjelmointipalvelu
käyttöönotto

VARUSTUS

21 kpl scanner TMS32 kortteja

1 kpl TS-REL20 kortti

3 kpl TMS-QUARD kortti

1 kpl TMS-POWER2 kortti

TERADYNE Z1860 VP ,TERADYNE Z1890 ja TERADYNE Z1888

valmistusmaa USA

hankittu 1994 , 1996 ja 1998

1024 testipistettä

fixturointi- ja ohjelmointipalvelu
käyttöönotto

VARUSTUS:

powerit:

ohjelmoitava 0 -100 V

kiinteä 5 V , 45 A

ohjelmoitava +- 55 V , 2 A

ohjelmoitava 0 - 5,5 v

analogiamittaukset:

katkokset

oikosulut

induktanssi

kapasitanssi

resistanssi

Liite A/2

diodit

jännitteet

virrat

stimulointi ja mittaus

digitaalimittaukset

32 kpl D/R kortteja (= 1024 kanavaa)

piirikirjasto

KT16 -25 -2048 (MAX 4096) Backplane testeri (ADAPTRONIC)

hankintavuosi 1999

2048 testipistettä (laajennettavissa 4096)

fixtiointi- ja ohjelmointipalvelu

asiakassovellusten sovitus ja käyttöönotto

VARUSTUS

mittaa :

testijännite 0 - 25 V (säädettävä 1 V askelein)

testivirta max 10 mA

katkos

oikosulku

resistanssi

kapasitanssi

diodit

zenerdiodit

ledit

UTS 6064 Funktionaalinen testeri (ATE) + UTS 6256

hankintavuosi 1999 ja 2000

Liite A/3

110 testipistettä

fixturointi- ja ohjelmointipalvelu

VARUSTUS

2 kpl 32 pin SWITCH MATRIX kortteja

6 kpl 16 pin I/O kortteja

1 kpl virtalähdeyksikkö (= 4 kpl 0 - 40 V , 0 - 4 A)

1 kpl COMMUNICATION kortti (= 4 kpl RS232 ja 1 kpl IEEE488)

1 kpl ANALOG MEASUREMENT card

mittaa:

katkos

oikosulku

resistanssi

kapasitanssi

induktanssi

impedanssi

diodi

zenerdiodi

transistori

jännite

virta

taajuus

TESTAUSOHJELMISTOT

LABVIEW (sovellusten valmistus)

TESTPOINT (sovellusten valmistus)

VISUAL BASIC (sovellusten valmistus)

TESTSTAND (funktioiden ohjaus)

VANHENNUS

LIITE A/4

LÄMPÖVANHENNUS (-40 - + 70) 6 kpl

MUUT

GENRAD 2275 IC - TESTERI

GENRAD 2276 IC - TESTERI

YLEISMITTARIT

SIGNAALIGENERAATTORIT

OSKILLOSKOOPIT

ERISTYSVASTUSMITTARIT

PC -TIEDONKERUUKORTIT

POWERIT

TESTIGIT

OHJELMOINTI

DATA I/O PROMASTER PRODUKTION PROGRAMMER SYSTEM

DATA I/O AUTOSITE

DATA I/O 3980

DATA I/O CHIPLAB

LABTOOL - 848 TURBO GANG PROGRAMMER

STAG QUASAR

STAG ZL30B

STAG PP40 + 40M101A

STAG PP41 + 41M200

HILO ALL - 07A

STAG SE15 EPROM ERASER

piirityypit:

PROM
EPROM
EEPROM
FPGA
PLD
PAL
IFL
FPLA
MICROCONTROLLERS
SEQUENSER

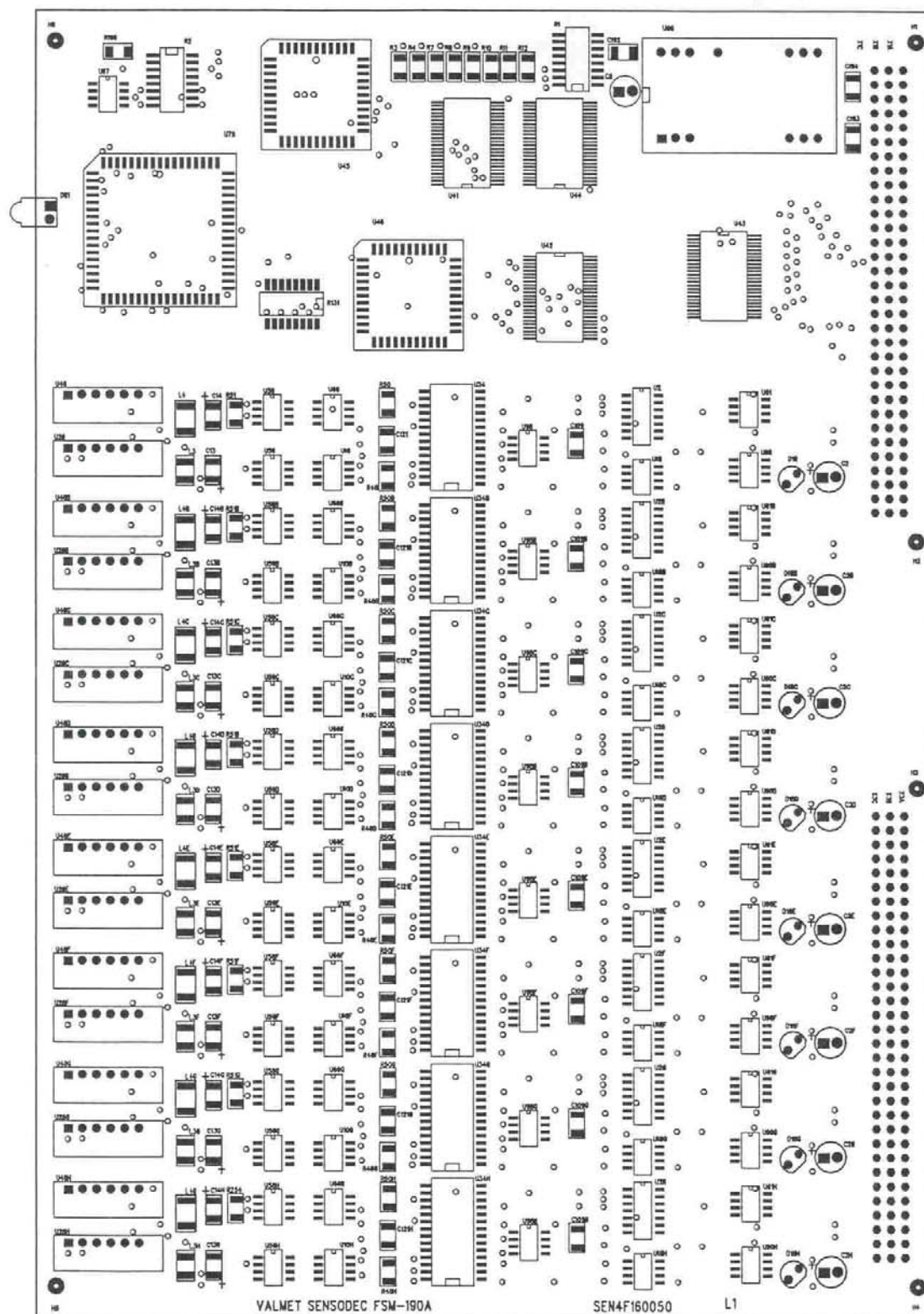
Liite A/5

kotelotyytit:

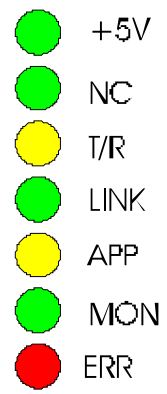
DIP
PLCC
SOIC
LCC
PGA
QFP
TQFP
TSOP

TULOSSA

BSCAN
AOI –LAITTEET



0, 0
-200, -200
233,4 x 160mm



Virtageneraattorien testaus (TESTI 1)

- Syötetään 10 Hz ja 1V siniaaltoa
- Näytteenottotaajuus 4 KHz
- Bias (DC-taso)

-Tuloksiin kerätään seuraavasti:

peak1a = korkeimman piikin taajuus spektrissä

peak1b = korkeimman piikin amplitudi

Peak2a = 2. Korkeimman piikin taajuus spektrissä

Peak2b = 2. Korkeimman piikin amplitudi spektrissä

Peak3a = 3. Korkeimman piikin taajuus spektrissä

Peak3b = 3. Korkeimman piikin amplitudi spektrissä

Mittauskanavien testaus (TESTI 2)

- syötetään 5 KHz ja ? V siniaaltoa
- ei DC tasoa
- näytteenottotaajuus 40 KHz (maksimi)
- tulokset kerätään seuraavasti:

peak1a = korkeimman piikin taajuus spektrissä

peak1b = korkeimman piikin amplitudi?

Peak2a = 2. Korkeimman piikin taajuus spektrissä

Peak2b = 2. Korkeimman piikin amplitudi spektrissä

Peak3a = 3. Korkeimman piikin taajuus spektrissä

Peak3b = 3. Korkeimman piikin amplitudi spektrissä

Ylikuulumistetaus (TESTI 3)

- Syötetään valkoista kohinaa
- Näytteenottotaajuus 40KHz
- Taajuudella ei suurta merkitystä
- Mikäli signaalit kasaantuvat jollekin taajuudelle niin kanava viallinen (arvo > 1)